

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-100116  
(43)Date of publication of application : 02.04.1992

(51)Int. CI. G05B 19/18  
G05B 13/02  
G05D 3/12  
G05D 3/12  
H02P 5/00

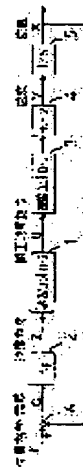
(21)Application number : 02-196940 (71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP  
(22)Date of filing : 24.07.1990 (72)Inventor : NAKAMURA YUJI

## (54) LEARNING CONTROL SYSTEM ADOPTING CORRECTION OF SPEED COMMAND

### (57)Abstract:

PURPOSE: To improve the following-up precision by forecasting a future speed command in a learning controller and correcting the present speed command so that the value of this future speed command is minimum and inputting the corrected speed command to a speed controller.

CONSTITUTION: The difference between the position of a motor 4 detected by a position detector of the motor 4 and a target position command is inputted as the speed command to not a speed controller 3 but a learning controller 1, and this learning controller 1 forecasts the future speed command and corrects the present speed command to minimize the value of this future speed command and inputs the corrected speed command to the speed controller 3. That is, the position command itself is not used but the speed command given as the difference between the target position and the position of the motor 4 is corrected, and finally, the speed command, namely, the position deviation is zero. Thus, the following-up operation of high precision is realized.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 4 - 1 0 0 1 1 6

(43) 公開日 平成4年(1992)4月2日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/18		E		
G 0 5 B 13/02		L		
G 0 5 D 3/12	3 0 5	V		
			G 0 5 B 19/18	E
			G 0 5 B 13/02	L
審査請求	有		(全 6 頁)	最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平2-196940

(22) 出願日 平成2年(1990)7月24日

(71) 出願人 000000662

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 中村 裕司

福岡県北九州市八幡西区大字藤田2346番地

株式会社安川電機製作所内

(54) 【発明の名称】 速度指令の補正による学習制御装置

(57) 【要約】 本公報は電子出願前の出願データであるため要約のデータは記録されません。

## 【特許請求の範囲】

(1) 同じパターンを繰り返す目標位置指令にモータの位置を追従させるよう、モータへ入力を与える制御系において、

検出したモータの位置と目標位置指令との差を速度指令として入力し、この入力信号から未来の速度指令を予測し、その値が最小となるように現在の速度指令に対する補正速度指令を出力する学習コントローラと、

前記補正速度指令を入力し、前記モータを駆動する速度コントローラを備えたことを特徴とする速度指令の補正による学習制御方式。 10

(2) 前記学習コントローラにおいて、アナログ電圧で受け取った速度指令をA/D変換器によりサンプリングし、学習演算によって決定された補正速度指令をD/A変換器によってアナログ電圧として出力し、補正速度指令の決定法としては、初回の試行においては、時刻*i*における補正速度指令 $u\_o(i)$ を、

$$u\_o(i) = Z(i)$$

とし、それ以降の*k*回目の試行においては、 $u\_k(i)$ を、 20

$$u\_k(i) = u\_k - 1(i) + \sigma(i) \quad (k = 1, 2, \dots) \quad \sigma(i) = \blacktriangle \text{数式、化学式、表等があります} \blacktriangledown$$

とすることを特徴とする請求項1記載の速度指令の補正による学習制御方式。

ただし、 $u$ 、 $\sigma$ 、 $z$ は、それぞれ補正速度指令、補正值、速度指令であり、添字*k*、*k*-1は試行の回数を表し、 $q\_m$ 、 $Q$ 、 $g\_n$ は、制御対象の動特性に関する情報と、予測される未来の速度指令に掛ける重みによって決定される定数である。 30

(3) 十分な試行を経て、速度指令値 $z$ があらかじめ設定された値以内に収束した後は、メモリに記憶されている1試行分の補正速度指令を用いて、メモリ運転を行うことを特徴とする請求項1記載の速度指令の補正による学習制御方式。

⑩ 日本国特許庁(JP) ⑪ 特許出願公開  
 ⑫ 公開特許公報(A) 平4-100116

⑬ Int. Cl.<sup>8</sup> 識別記号 庁内整理番号 ⑭ 公開 平成4年(1992)4月2日  
 G 05 B 19/18 E 9064-3H  
 13/02 L 7740-3H  
 G 05 D 3/12 3 0 5 V 9179-3H  
 3 0 6 G 9179-3H  
 H 02 P 5/00 X 9063-5H  
 Q 9063-5H  
 審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑮ 発明の名称 速度指令の補正による学習制御方式

⑯ 特 願 平2-196940

⑰ 出 願 平2(1990)7月24日

⑱ 発 明 者 中 村 裕 司 福岡県北九州市八幡西区大字藤田2346番地 株式会社安川  
 電機製作所内

⑲ 出 願 人 株式会社安川電機 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

明 細 書

1. 発明の名称

速度指令の補正による学習制御方式

2. 特許請求の範囲

(1) 同じパターンを繰り返す目標位置指令にモータの位置を追従させるよう、モータへ入力を与える制御系において、

検出したモータの位置と目標位置指令との差を速度指令として入力し、この入力信号から未来の速度指令を予測し、その値が最小となるように現在の速度指令に対する補正速度指令を出力する学習コントローラと、

前記補正速度指令を入力し、前記モータを駆動する速度コントローラを備えたことを特徴とする速度指令の補正による学習制御方式。

(2) 前記学習コントローラにおいて、アナログ電圧で受け取った速度指令をA/D変換器によりサンプリングし、学習演算によって決定された補正速度指令をD/A変換器によってアナログ電圧として出力し、補正速度指令の決定法としては、

初回の試行においては、時刻1における補正速度指令  $u_1(i)$  を、

$$u_1(i) = z(i)$$

とし、それ以降のk回目の試行においては、

$u_k(i)$  を、

$$u_k(i) = u_{k-1}(i) + \sigma(i) \quad (k=1, 2, \dots)$$

$$\sigma(i) = \sum_{n=1}^M q_n \cdot z_{k-1}(i+n) + Q \{ z_k(i) - z_{k-1}(i) \} + \sum_{n=1}^{N-1} g_n \cdot \sigma(i-n)$$

とすることを特徴とする請求項1記載の速度指令の補正による学習制御方式。

ただし、 $u$ 、 $\sigma$ 、 $z$ は、それぞれ補正速度指令、補正值、速度指令であり、添字k、k-1は試行の回数を表し、 $q_n$ 、 $Q$ 、 $g_n$ は、制御対象の動特性に関する情報と、予測される未来の速度指令に掛ける重みによって決定される定数である。

(3) 十分な試行を経て、速度指令値zがあらかじめ設定された値以内に収束した後は、メモリに記憶されている1試行分の補正速度指令を用いて、

## 特開平4-100116 (2)

メモリ遅延を行うことを特徴とする請求項1記載の速度指令の補正による学習制御方式。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、繰り返し動作をする工作機械、ロボット等の制御方式に関する。

(従来の技術)

繰り返し目標値に対する学習制御系の設計法としては、本出願人が特開平1-237701号公報において提案した方式がある。

この方式は、同じ目標値に対する動作を繰り返し、過去の偏差をもとに未来の偏差を予測し、その値が最小となるように制御入力を補正していくというもので、最終的には目標値と出力が一致するため、高精度な追従動作が実現される。

(発明が解決しようとする課題)

ところが、上述の方式をモータの位置追従制御に適用した場合、位置指令を補正することになるため、補正演算は位置ループを制御するコントローラあるいはその前段で行わなければならない、目

標位置指令を取得する必要がある。

そこで本発明は、位置指令を利用せずに、その位置指令にモータの位置を追従させる学習制御則を実現できる方式を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

上記課題を解決するため、本発明は、同じパターンを繰り返す目標位置指令にモータの位置を追従させるよう、モータへ入力を与える制御系において、

検出したモータの位置と目標位置指令との差を速度指令として入力し、この入力信号から未来の速度指令を予測し、その値が最小となるように現在の速度指令に対する補正速度指令を出力する学習コントローラと、

前記補正速度指令を入力し、前記モータを駆動する速度コントローラを備えたことを特徴とするものである。

(作用)

上記手段により、モータの位置検出器により検出したモータの位置と目標位置指令との差を速度

指令として、その速度指令は速度コントローラへではなく学習コントローラへ入力され、この学習コントローラ内では、未来の速度指令を予測し、その値が最小となるように現在の速度指令の補正を行い、その補正速度指令を該速度コントローラへ入力するように動作する。

つまり、位置指令自体は用いず、目標位置とモータの位置との差によって与えられる速度指令を補正することにより、最終的には速度指令、すなわち、位置偏差はゼロとなる。

(実施例)

以下、本発明の具体的実施例を第1図、第2図に示して説明する。第1図は、本発明の学習コントローラをモータの位置制御に適用した場合の構成図である。

図中6は減算器で、位置指令 $r$ と位置 $x$ との偏差 $e$ を出力する。2は乗算器であり、減算器6で得られた偏差 $e$ に $Kp$ を乗じた値を速度指令 $z$ として出力する。1は学習コントローラで、速度指令 $z$ を受け取り、補正速度指令 $u$ を出力する。3

は速度コントローラでモータ4の速度制御を行う。5はモータ4の速度 $v$ と位置 $x$ とを関係づける積分器である。ここで、学習コントローラ1を取り除いて速度指令 $z$ をそのまま速度コントローラ3へ入力すると、通常の位置制御の構成となり、これらは従来のシステムをそのまま利用できる。

学習コントローラ1の内部構成図を第2図に示す。図中11は演算器であり、

$$\sigma(i) = \sum_{n=1}^N q_n \cdot z_{i-n}(i+n) + Q \{ z_i(i) - z_{i-1}(i) \} + \sum_{n=1}^{N-1} g_n \cdot \sigma(i-n) \quad (1)$$

なる演算によって、時刻 $i$ における補正值 $\sigma(i)$ を算出する。

また、12は、定数 $q_1, q_2, \dots, q_N, Q, g_1, g_2, \dots, g_{N-1}$ を記憶するメモリ、13は、前回の試行の時刻 $i$ から現在時刻 $i$ までの速度指令値 $(z_{i-1}(i) \sim z_i(i))$ を記憶するメモリ、14は、現在時刻 $i$ に至るまでの補正值 $(\sigma(j), j=i-1, i-2, \dots, i-N+1)$ を記憶するメモリ、15は、

## 特開平4-100116 (3)

前回の試行の時刻  $i$  から現在時刻  $i$  までの補正速度指令値  $(u_{s-1}(i) \sim u_s(i))$  を記憶するメモリである。

さらに、18 は現在時刻  $i$  における補正值  $\sigma(i)$  と、前回の試行の時刻  $i$  の補正速度指令値  $u_{s-1}(i)$  とを加算して、今回の補正速度指令値  $u_s(i)$  を出力する加算器である。

17 は A/D 変換器、18 は D/A 変換器であり、19、20 はサンプリング周期  $T$  で閉じるサンプラである。

(1) 式の導出を行う。

いま時刻  $i$  における補正速度指令  $u(i)$  を

$$u_s(i) = z(i) \quad (2a)$$

$$u_s(i) = u_{s-1}(i) + \sigma(i) \quad (k=1, 2, \dots) \quad (2b)$$

と与えるものとする。ただし、 $k$  は試行の回数を表す。

ここで、学習コントローラ内部の信号  $z_s(i)$ 、 $\sigma(i)$  のところでループを切り、補正速度指令  $u_s(i)$  を入力とし、速度指令  $z_s(i)$  を出力とする制

御対象を考える (第8図)。この制御対象は、D/A 変換器 18、速度コントローラ 8、モータ 4、積分器 6、減算器 6、乗算器 2、A/D 変換器 17、および、サンプラ 18、19 を含んでいる。なお、位置指令  $r$  はゼロとする。

また、前回の試行の時刻  $i$  では、第4図の関係が成り立つため、第3図、第4図より第5図の関係が得られる。ただし、 $\delta(i)$  は

$$\delta(i) = z_s(i) - z_{s-1}(i) \quad (3)$$

と定義される。

いま時刻  $i$  において、未来の補正值  $\sigma(i+m)$  ( $m=1, 2, \dots, M$ ) をゼロと仮定すると、未来の出力  $\delta(i+m)$  ( $m=1, 2, \dots, M$ ) は次式で予測される。

$$\delta(i+m) = \delta(i) + \sum_{n=0}^{N-1} (H_{s,n} - H_s) \sigma(i-n) \quad (4)$$

ただし、 $H_s(j)=0, 1, \dots, N$  は制御対象の重み系列あるいは、単位ステップ応答のサンプル値の差分値であり、 $N$  は  $H_s = H_{s,j} (j>N)$  となるよう選ぶものとする (第6図)。

ここで、未来時刻  $i+m$  での速度指令  $z_s(i+m)$

は、(3)式より

$$\begin{aligned} z_s(i+m) &= \delta(i+m) + z_{s-1}(i+m) \\ &= z_{s-1}(i+m) + z_s(i) - z_{s-1}(i) \\ &\quad + \sum_{n=0}^{N-1} (H_{s,n} - H_s) \sigma(i-n) \end{aligned} \quad (5)$$

で予測される。

第1図より速度指令  $z$  は、位置偏差に  $Kp$  を乗じたものであるから、未来時刻  $i+M$  までの位置偏差を小さくするための指標として、次の評価関数  $J$

$$J = \sum_{n=1}^M W_n \{z_s(i+n)\}^2 \quad (6)$$

を考え、この評価関数  $J$  が最小となるように補正值  $\sigma(i)$  を選ぶものとする。ここで  $W_n$  は、未来時刻  $i+m$  における速度指令値の予測値  $z_s(i+m)$  に掛ける重み係数であり、その一例を第7図に示す。

いま式  $\partial J / \partial \sigma(i) = 0$  は、未知数  $\sigma(i)$  に関する1次の代数方程式となるため、 $J$  を最小にする  $\sigma(i)$  は簡単に求められ、結局、時刻  $i$  における補正值  $\sigma(i)$  は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \sigma(i) &= \sum_{n=1}^M q_n z_{s-1}(i+n) + Q \{z_s(i) - z_{s-1}(i)\} \\ &\quad + \sum_{n=1}^{N-1} g_n \sigma(i-n) \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、

$$q_n = W_n (H_{s,n} - H_s) / \sum_{n=1}^M W_n (H_{s,n} - H_s)^2 \quad (n=1, 2, \dots, M) \quad (8a)$$

$$Q = \sum_{j=1}^M q_j \quad (8b)$$

$$g_n = \sum_{j=1}^M q_j (H_{s,n} - H_s) \quad (n=1, 2, \dots, N-1) \quad (8c)$$

であり、これらの定数は、制御対象の重み系列を測定し、重み係数  $W_n$  を適当に与えてやることにより、あらかじめ算出される。

以上で、(1)式で与えられる補正值  $\sigma(i)$  が、(6)式の評価関数  $J$  を最小にすることが示された。

サンプラ 19、20 の閉じるタイミングは、学習演算を行う CPU の内部クロックにより決定しても良いし、他の軸と同期運転を行う場合には、

## 特開平4-100116 (4)

他の軸のモータに付いている位置検出器からの信号により決定しても良い。

1回の試行を開始するタイミングは、位置ループを制御する、すなわち、位置指令からモータの位置を減算するCPUからの信号により決定しても良いし、他の軸のモータに付いている位置検出器からの信号により決定しても良い。

十分な試行を経て、速度指令値 $z$ があらかじめ設定された値以内に収束した時、すなわち、位置偏差 $e$ がある値以下になった時は、記憶されている1試行分の補正速度指令を用いて、メモリ運転を行っても良い。この時の構成を第8図に示す。

また、学習を行わない通常動作時には、学習コントローラは、入力した速度指令 $z$ の値をそのまま補正速度指令 $u$ として出力してやれば良い。

## 〔発明の効果〕

以上述べたように、本発明によれば、同じパターンを繰り返す位置指令に対して、位置指令とモータの位置との差を速度指令とし、その速度指令を学習コントローラへ入力し、この学習コントロ

ーラ内では、未来の速度指令を予測し、その値が最小となるように現在の速度指令の補正を行い、その補正速度指令を該速度コントローラへ入力するため、位置偏差の計算は従来のコントローラをそのまま適用でき、学習コントローラは位置指令を必要とせず、最終的には、位置指令に対して、追従精度が格段に良い制御系が実現されるという効果がある。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の基本概念図、第2図は学習コントローラの内部構成を示す図、第3図は入力 $u_k(i)$ とした制御対象を示す図、第4図は入力 $u_{k-1}(i)$ とした制御対象を示す図、第5図は入力を $\sigma(i)$ とした制御対象を示す図、第6図、第7図は本発明の動作を説明する図、第8図は本発明のメモリ運転を示す図である。

1…学習コントローラ

2…乗算器

3…速度コントローラ

4…モータ

5…積分器

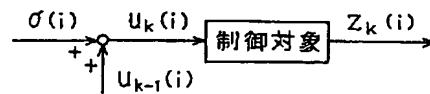
6…減算器

特許出願人 株式会社 安川電機製作所

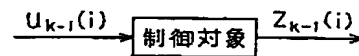
代表者 堀 池 功



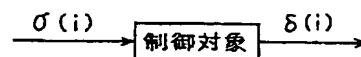
第3図



第4図

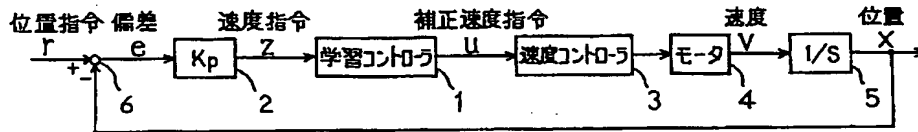


第5図

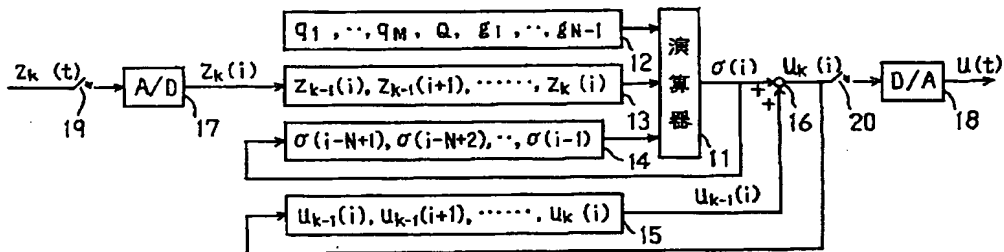


特開平4-100116 (5)

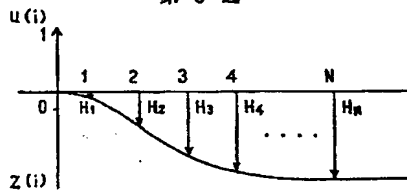
第 1 図



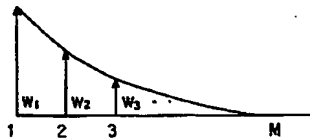
第 2 図



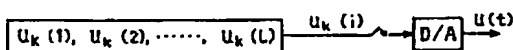
第 6 図



第 7 図



第 8 図



## 手続補正書 (自発)

平成 3 年 7 月 4 日

特許庁長官 深沢 亘 殿

1. 事件の表示  
平成 2 年 特許願 第 1 9 6 9 4 0 号

2. 発明の名称  
速度指令の補正による学習制御方式

3. 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
住所 福岡県北九州市八幡西区大字藤田2346番地  
名称 (662) 株式会社 安川電機製作所  
代表者 菊池 功

4. 補正の対象  
明細書の「発明の詳細な説明」の欄

5. 補正の内容  
別紙のとおり





-----

## 特開平4-100116 (6)

(1) 明細書10頁第4行

$$q_n = W_n(H_n - H_0) / \sum_{n=1}^N W_n(H_n - H_0)^2 \quad (8a) \text{ を}$$

$$q_n = W_n(H_n - H_0) / \sum_{n=1}^N W_n(H_n - H_0)^2 \quad (8a) \text{ を}$$

に補正する。

(2) 明細書10頁第7行

$$g = \sum_{j=1}^N q_j (H_{n,j} - H_n) \quad (8c) \text{ を}$$

$$g = \sum_{j=1}^N q_j (H_{n,j} - H_n) \quad (8c) \text{ を}$$

に補正する。

以上